

Requested Patent: FR2677571A1

Title:

METHOD FOR MONITORING AND CONTROLLING STRESS IN A THREADED MEMBER ;

Abstracted Patent: US5571971 ;

Publication Date: 1996-11-05 ;

Inventor(s): CHASTEL JEAN-MARC (FR); REY DIDIER (FR) ;

Applicant(s): CIANDAR (FR) ;

Application Number: US19950481430 19950615 ;

Priority Number(s): WO1992FR01192 19921216; FR19910008254 19910614 ;

IPC Classification: G01L5/24 ;

Equivalents: EP0674566 (WO9413437), B1, WO9413437

ABSTRACT:

PCT No. PCT/FR92/01192 Sec. 371 Date Jun. 15, 1995 Sec. 102(e) Date Jun. 15, 1995 PCT Filed Dec. 16, 1992 PCT Pub. No. WO94/13437 PCT Pub. Date Jun. 23, 1994 The tensile or compressive stress in a threaded member is determined by subtracting an unscrewing torque from a screwing torque, and dividing the resulting torque difference by a coefficient proportional to the screw pitch of the member. The torque values are recorded either statically at the screwing and unscrewing rest limit, or dynamically in a series of corresponding screwing and unscrewing positions. The method is particularly useful for measuring, monitoring and controlling stress in threaded fastening members used in screwed joints.

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 677 571

②1 N° d'enregistrement national :

91 08254

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : B 25 B 23/14, 23/15

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 14.06.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 18.12.92 Bulletin 92/51.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société Civile dite: CIANDAR — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Chastel Jean-Marc et Rey Didier.

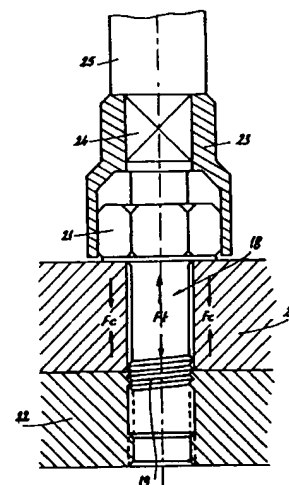
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Germain et Maureau.

⑤4 Procédé pour le contrôle et l'asservissement de la tension d'un organe fileté.

⑤7 La force de tension ou de compression ( $F_t$ ) de l'organe fileté (18) est déterminée par l'action de soustraire un couple appliqué au dévissage d'un couple appliqué au vissage, et de diviser cet écart de couples par un coefficient proportionnel au pas du filetage (19) dudit organe. Le prélèvement des valeurs de couple est fait soit statiquement à la limite de repos de vissage et de dévissage, soit dynamiquement en une succession de positions concordantes en vissage et dévissage.

Le procédé s'applique notamment à la mesure, au contrôle et à l'asservissement de la tension d'éléments de fixation filetés utilisés dans des assemblages vissés.



FR 2 677 571 - A1



**"Procédé pour le contrôle et l'asservissement de la tension  
d'un organe fileté"**

L'invention concerne un procédé pour le contrôle et l'asservissement de la tension d'un organe fileté, tel que vis, boulon, écrou, ou autres éléments de fixation filetés utilisés notamment mais non exclusivement dans les  
5 assemblages vissés.

Les industries de l'automobile, de l'aéronautique, de l'espace, du nucléaire et toutes activités de fabrication mécanique exploitent de façon généralisée les assemblages vissés, et ce dans des utilisations extrêmement  
10 variées et complexes.

Les notes de calcul des assemblages vissés ont pour but de déterminer la précharge à appliquer à l'assemblage en fonction de la charge utile (ou charge de service) à laquelle sera soumis l'assemblage dans son utilisation et d'un facteur de serrage dépendant de la précision des moyens d'application de  
15 cette précharge.

Ces notes de calcul réalisées par les ingénieurs d'étude de ces industries étant très précises en fonction des besoins définis et les conditions d'exploitation des assemblages vissés étant de plus en plus sévères, il devient  
20 essentiel d'accroître la fiabilité de ces assemblages en respectant les notes de calcul dans leur exécution afin d'augmenter les performances et la sécurité des équipements ainsi réalisés.

La tension à appliquer dans un élément de fixation fileté est généralement réalisée par transformation d'une force de rotation en une force de traction engendrée par la taille hélicoïdale du filet de l'élément. Cette  
25 transformation a un rendement imparfait dû pour l'essentiel aux pertes par frottement des surfaces en contact ; de ce fait il faudra appliquer une force de rotation (couple) supérieure à la force de rotation utile à cette transformation.

Le rendement de cette transformation est extrêmement dispersif du fait de la variation des coefficients de frottement, de la variation de la  
30 distance à laquelle s'applique la résultante des forces de frottement par rapport à l'axe de rotation et de la variation géométrique des pièces notamment des surfaces en contact. L'observation pratique donne une variation de 50 % de la tension induite lors de l'application d'un couple  
35 constant sur un même lot d'éléments de fixation. Il est vérifié que l'amélioration de la précision du couple appliqué n'entraîne pas d'amélioration significative de la précision sur la tension observée.

Une première amélioration de la variation de la tension générée par le couple a été d'associer l'angle de rotation à partir d'un certain couple. En effet l'allongement de l'élément de fixation qui provoque la tension est proportionnel à l'angle de rotation. Cette proportion doit être déterminée  
5 préalablement car elle est la résultante de l'assemblage et non de l'élément de fixation. La dispersion de la tension est améliorée dans des conditions particulières dues à des essais préparatoires et des spécifications géométriques des pièces en prise qui peuvent être coûteux. De plus le risque de pénétration en zone plastique n'est pas exclu du fait de la variabilité du  
10 point de départ de la mesure de l'angle, en principe appelé couple de pré-serrage. Il est à noter que le couple de pré-serrage peut être un couple accidentel, par exemple matage des filets ; dans ce cas, la tension sera loin d'être réalisée.

A partir de la combinaison de ces deux mesures de couple et d'angle,  
15 un principe de serrage a été élaboré : l'observation permanente pendant l'application du couple, de la variation du gradient de couple en fonction de l'avance angulaire permet la détermination d'un point remarquable de la fonction couple/angle, appelé point de limite élastique. Cette méthode amène la vis dans un état de contrainte (ou de précharge) qui exploite la totalité de  
20 la précharge possible de l'assemblage au détriment de la charge de service. Une détermination préalable de la tension est réalisée afin d'intégrer les variations de section et de résistance à la traction des matériaux constituant les éléments de fixation. Cette méthode est très sensible aux efforts de réaction des moyens qui applique le couple ; par exemple, flexion du  
25 bâti-machine, glissement du bridage de l'élément assemblé. Le point de limite élastique peut être celui du premier élément qui flambe dans la chaîne d'action et de réaction mécanique. Pour être appliquée avec un maximum de sécurité, cette méthode nécessite des précautions accessoires engendrant des coûts. Cette méthode offre une précision de + 10 % sur la tension d'un point  
30 unique exploitant toute la capacité de l'élément de fixation pour la précharge. L'inconvénient majeur de cette méthode est la pénétration, même minime, dans la zone plastique de l'élément de fixation. Les essais d'asservissement et/ou de contrôle de la pente (coefficient directeur de la tangente à la courbe) en un point quelconque de la zone élastique se sont révélés imprécis  
35 et dispersifs. Dans ce cas, on cumule la dispersion du couple due aux frottements et la dispersion de l'angle due à la flexibilité de l'assemblage.

Pour éliminer les variations de tension dues aux variations diverses

citées précédemment, une nouvelle approche du serrage à la tension est réalisée par la méthode ultra-sonore.

Cette méthode est basée sur la variation d'un temps de parcours du son se propageant uniquement à l'intérieur de l'élément de fixation et elle s'affranchit de tous les autres paramètres non liés à l'élément ainsi que des variations de l'épaisseur des pièces en prise. La variation du temps de parcours est en théorie la représentation directe de l'allongement. La relation tension/allongement est liée à la résistance du matériau, à sa section et à sa longueur initiale. Cette méthode purement comparative nécessite une modélisation (élément spécimen) de l'élément de fixation qui sera éprouvée pour la détermination d'une variation d'un temps de parcours spécifique à une tension donnée. L'allongement déterminé n'est qu'une faible partie de la longueur réelle de l'élément de fixation. En effet, lorsqu'il s'agit de la propagation d'un son, seule la partie tendue de l'élément de fixation participe à l'allongement. Cette partie tendue dépend de l'épaisseur des pièces en prise. Les tolérances d'usinage se répercutent directement sur l'allongement observé. L'élément de fixation intervient dans ses dimensions géométriques notamment pour la variation totale du temps de parcours qui dépend de la longueur de l'élément par rapport à sa partie tendue. Cette variation se répercute sur le temps de parcours et sur sa variation dans le rapport de longueur tendue/longueur totale. De plus le parallélisme des plans de réflexion des ondes ultra-sonores (essentiellement pour une vis, la tête et le fond de tige) intervient directement dans la position effective de l'organe de mesure du temps de parcours. La mesure d'allongement doit être effectuée pendant la montée en tension de l'élément car le repositionnement introduit des erreurs pouvant doubler le degré d'imprécision de la méthode ultra-sonore. L'ensemble des ces tolérances étant parfaitement maîtrisé par un surcoût important, la précision de la mesure effective de la tension est similaire à celle de la limite élastique avec l'avantage de pouvoir se situer en un point quelconque de la charge admissible de l'élément de fixation, avec cependant l'inconvénient de n'être qu'une probabilité de tension compte tenu de la référence à un spécimen (modèle théorique) issue du traitement moyen d'un lot d'éléments de fixation.

Les conditions d'application de cette méthode nécessitent des précautions importantes telles que couplage de l'organe de mesure, absence de marquage sur la tête de l'élément de fixation, température effective de la mesure, propreté des surfaces de mesure, etc, précautions qui entraînent des

coûts d'exploitation élevés et des cadences de fabrication limitées. Le coût des moyens de mesure ultra-sonore étant lui-même très élevé, cette méthode ne s'applique que dans des cas particuliers où les coûts et les cadences ne sont pas essentiels. Cette méthode est souvent retenue comme moyen de  
5 contrôle ou de détermination de paramètres conventionnels de vissage (couple et angle).

En résumé, l'ensemble des méthodes citées ci-dessus n'assure pas une mesure directe de la tension, elles sont soit comparatives, soit théoriques et doivent nécessiter des essais préalables d'ajustement des paramètres et de  
10 connaissance du comportement de l'assemblage. Il existe toujours au moins un paramètre qui varie d'un élément de fixation fileté à l'autre et qui de ce fait donne une incertitude sur la tension obtenue :

- Méthode du couple : variation extrême de la tension, tension inconnue ;
- 15 - Méthode impliquant l'angle : variation limitée de la tension, tension estimée avec préalable ;
- Méthode utilisant la limite élastique : Point unique de tension au maximum de la capacité de la vis, tension estimée avec préalable,  
20 environnement à maîtriser ;
- Méthode ultra-sonore : Point unique de tension en un point quelconque sur la capacité de l'élément de fixation, tension estimée avec préalable, géométrie et tolérances d'usinage à maîtriser,  
25 exploitation limitée par le coût.

Plus on recherche avec précision une estimation de la tension, plus les coûts des moyens, de leur mise en oeuvre et de l'exploitation s'accroissent. Le fait d'aboutir à une estimation plutôt qu'à une mesure directe engendre des coûts supplémentaires de contrôle. Les exigences des industriels  
30 concernant de nouvelles méthodes font nettement apparaître leur insatisfaction de celles existantes.

Sachant que les méthodes énoncées précédemment présentent toutes une ou plusieurs carences, les Inventeurs ont exploré une nouvelle voie, suite à l'observation sur plusieurs centaines de vissages de toutes sortes d'éléments  
35 de fixation, d'une différence entre la valeur du couple appliqué au vissage et la valeur du couple appliqué au dévissage, ce qui ramenait au moyen le plus simple d'application de la tension par le couple afin de caractériser les

relations énergétiques entre le couple et l'énergie dans l'assemblage vissé et déboucher sur un nouveau procédé.

En effet, l'assemblage vissé est constitué de matériaux élastiques. De ce fait, il se comporte comme un ressort. En allongeant ce ressort dans sa  
 5 plage élastique à l'aide d'une force  $F_t$ , on accumule dans cet assemblage vissé une énergie  $E$  qui s'exprime comme suit :

$$E = (F_t \cdot \delta L) / 2 \quad (1)$$

où :  $\delta L$  est la différence entre la longueur finale et la longueur initiale de l'élément de fixation.

10 Cette énergie accumulée (1) est restituée au dévissage du fait de la réversibilité de l'élément de fixation due à son pas à taille hélicoïdale et à l'énergie potentielle résidant dans l'assemblage vissé.

Si cet allongement est effectué par transformation d'un couple  $C_u$  en effort de traction, par l'intermédiaire d'une rampe hélicoïdale d'angle  $\alpha$  développée  
 15 sur une circonférence de diamètre  $2 \cdot r$ , cette expression devient :

$$E = (C_u \cdot \cotg \alpha / r) \cdot (\delta L / 2) \text{ avec } \cotg \alpha = 2 \pi r / P$$

$P$  étant le pas de filetage

$$\text{soit : } E = C_u \cdot \delta L \cdot \pi / P \quad (2)$$

Cette énergie accumulée n'est pas apparente et ne représente qu'une  
 20 fraction de l'énergie appliquée du fait de l'énergie consommée par les frottements qui empêchent notamment le dévissage spontané de l'élément de fixation. Ces frottements existent de façon équivalente au vissage et au dévissage et sont occasionnés par les parties des surfaces en contact des différents éléments composant l'assemblage. De ce fait on observe une  
 25 différence d'énergie appliquée au vissage et au dévissage due à l'énergie qui est accumulée au vissage et restituée au dévissage alors que l'énergie consommée par les frottements est constante.

La distribution générale des différentes énergies, pour une énergie appliquée se décrit comme suit :

$$\begin{aligned} 30 \quad \text{en vissage} & : E_{app} = E_t \cdot f_r + E_{tt} + E_{flt} + E_{tg} \\ \text{en dévissage} & : -E_{app}' = E_t \cdot f_r - E_{tt} - E_{flt} - E_{tg} \\ \text{d'où} & : E_{tfr} = (E_{app} - E_{app}') / 2 \end{aligned} \quad (3)$$

avec :

$E_{app}$  : énergie appliquée au vissage de l'élément de fixation  
 35  $E_{app}'$  : énergie appliquée au dévissage de l'élément de fixation  
 $E_{tfr}$  : énergie transformée en tension de l'élément de fixation  
 $E_{tt}$  : énergie consommée au frottement tête ou écrou de l'élément de

fixation

Eflt : énergie consommée au frottement filet de l'élément de fixation

Etg : énergie consommée au frottement tige de l'élément de fixation.

En dérivant l'équation (3), on obtient :

$$5 \quad d(E_{tfr})/dt = [d(E_{app})/dt - d(E_{app'})/dt]/2$$

soit à un instant  $t$  :

$$P_{tfr} = (P_{app} - P_{app'})/2 \quad (4)$$

avec :

$P_{app}$  : puissance appliquée au vissage

10  $P_{app'}$  : puissance appliquée au dévissage

$P_{tfr}$  : puissance transformée en tension

et compte tenu de la relation générale  $P_u = C \cdot \omega$  (Puissance = couple X vitesse de rotation)

(4) se simplifie en :

$$15 \quad C_u = (C_{app} - C_{app'})/2 \quad (5)$$

Le couple utile ou couple transformé en tension  $C_u$  peut s'exprimer d'après (2) en fonction de l'énergie transformée comme suit :

$$C_u = E_{tfr} \cdot P / (\pi \cdot \delta L)$$

en faisant intervenir (1), on obtient :

$$20 \quad C_u = F_t \cdot P / (2 \cdot \pi) \quad (6)$$

en faisant intervenir (5) et (6), on obtient :

$$C_{app} - C_{app'} = F_t \cdot P / \pi$$

avec :

$C_{app}$  : couple appliqué au vissage

25  $C_{app'}$  : couple appliqué au dévissage

et réciproquement :

$$F_t = (C_{app} - C_{app'}) / (P / \pi) \quad (7)$$

En d'autres termes, la force de tension (en traction ou en compression) peut être contrôlée en fonction proportionnelle à la différence entre le couple appliqué au vissage, notamment le couple maximum au point d'arrêt, et le couple appliqué au dévissage, plus particulièrement le couple maximum de dévissage, différence divisée par  $(P/\pi)$ , quantité proportionnelle au pas du filetage. La quantité  $(P/\pi)$  constitue une constante qui permet la transformation immédiate de la différence des couples de l'action ou du commencement d'action à visser, puis de dévisser un élément de fixation fileté, exprimés en newton-mètre (Nm) en une tension exprimée en Newton (N), dont la précision suit directement la précision des couples.

De la formule (7), se déduit la définition générale du procédé objet de l'invention pour le contrôle et l'asservissement de la tension ou compression d'un organe fileté, ce procédé étant caractérisé en ce que la force de tension ou de compression ( $F_t$ ) de l'organe fileté est déterminée par l'action de soustraire un couple appliqué au dévissage ( $C_{app'}$ ) d'un couple appliqué au vissage ( $C_{app}$ ), et de diviser cet écart de couples par un coefficient proportionnel au pas ( $P$ ) du filetage dudit organe, le prélèvement de ces valeurs de couple étant fait soit statiquement à la limite de repos de vissage et dévissage, soit dynamiquement en une succession de positions concordantes en vissage et dévissage.

Des moyens simples permettent de mettre en oeuvre le procédé, dont la définition générale vient d'être indiquée, pour connaître, asservir ou contrôler des assemblages vissés d'une manière économique et plus performante que toutes celles existantes, et ainsi l'invention permet d'utiliser des éléments de fixation filetés de moindre coût ou de qualité plus faible, tout en ayant une certitude au sujet du serrage de ces éléments de fixation.

Un premier mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention consiste à appliquer ce procédé à une mesure de tension, en utilisant un moyen moteur manuel, mécanique, pneumatique, hydraulique ou électrique capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté d'un assemblage, d'assurer un effort contrôlé de mise en rotation de cet élément de fixation.

Dans le cas d'une inertie mécanique négligeable, le procédé se caractérise par l'action de visser dans le but de prélever, à la limite de repos du glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation, puis par l'action de dévisser dans le but de prélever, à la limite de repos pendant le glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation au passage par son maximum, puis de différencier ces deux valeurs d'effort pour les diviser par un coefficient notamment proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir une valeur représentant :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
- soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation.

Lorsque le moyen moteur est instrumenté par un couplemètre, la relation directe est exprimée comme suit :

8

$$F_t = (C_v - C_d)/K \quad \text{où } K = P/\pi$$

avec :

F<sub>t</sub> force de tension en NewtonC<sub>v</sub> couple à la limite de vissage en Newton-mètre5 C<sub>d</sub> couple maximum de dévissage en Newton-mètre $\pi$  constante du cercle

P pas du filetage en mètre

La relation indirecte est établie pour l'expression de la force de tension dans un autre système de mesure, par un coefficient supplémentaire rétablissant la cohérence entre les unités de force et les unités de longueur, par exemple :

Pour F<sub>t</sub> en Newton

$$K = (P/\pi).S$$

15 où S = 12 , si C<sub>v</sub> et C<sub>d</sub> sont exprimés en  
Newton.foot (N.ft)  
et P en inch (in)

où S = 1,6584 , si C<sub>v</sub> et C<sub>d</sub> sont exprimés en  
poundal.foot(pdl.ft)  
et P en inch (in)

20 Lorsque le moyen moteur est instrumenté sur son énergie la relation directe est exprimée comme suit :

$$F_t = (E_v' - E_d')/K \quad \text{où } K = P/\zeta$$

avec :

F<sub>t</sub> force de tension en Newton25 E<sub>v</sub>' élément représentatif de l'énergie à la limite de vissageE<sub>d</sub>' élément représentatif de l'énergie maximum de dévissage $\zeta$  constante incluant  $\pi$  constante du cercle par le

rendement moteur par le transformateur du type d'énergie

P pas du filetage en mètre.

30 L'élément représentatif de l'énergie peut être n'importe quel élément donnant l'image du couple du moyen moteur (intensité, voltage, pression, etc) par une constante ou une fonction f(x), mais aussi le moment d'un moyen mécanique utilisant la flexion ou la torsion d'un organe pour lequel le transformateur n'est pas obligatoirement une constante, mais peut être aussi  
35 une fonction (x).

Dans le cas d'une inertie mécanique importante, le procédé se caractérise par l'action de visser dans le but de prélever, au début du



glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation, puis de prélever, à la limite de repos du glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation, puis par l'action de  
 5 dévisser dans le but de prélever, à la limite de repos pendant le glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation au passage par son maximum, puis de différencier ces deux valeurs d'effort pour les multiplier par le rapport de la  
 10 valeur de l'effort de rotation au début sur la valeur de l'effort de rotation à la limite du repos, puis de diviser ce résultat par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir une valeur représentant :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
- soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- 15 - soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation au départ de l'action.

Lorsque le moyen moteur est instrumenté par un couplemètre, la relation directe est exprimée comme suit :

$$F_t = (C_v - C_d) \cdot I / K \quad \text{où } K = P / \pi \quad \text{où } I = C_g / C_v$$

20 avec :

$F_t$  force de tension en Newton

$C_g$  couple au début de vissage en Newton.mètre

$C_v$  couple à la limite de vissage en Newton.mètre

$C_d$  couple maximum de dévissage en Newton.mètre

25  $\pi$  constante du cercle

$P$  pas du filetage en mètre

La relation indirecte est établie pour l'expression de la force de tension dans un autre système de mesure, par un coefficient supplémentaire rétablissant la cohérence entre les unités de force et les unités de longueur.

30 Lorsque le moyen moteur est instrumenté sur son énergie, la relation directe est exprimée comme suit :

$$F_t = (E_v' - E_d') \cdot I / K \quad \text{où } K = P / \pi \quad \text{où } I = E_g' / E_v'$$

avec :

$F_t$  force de tension en Newton

35  $E_g'$  élément représentatif de l'énergie au début de vissage

$E_v'$  élément représentatif de l'énergie à la limite de vissage

$E_d'$  élément représentatif de l'énergie maximum de dévissage

$\tau$  constante incluant  $\pi$  constante du cercle par le rendement moteur par le transformateur du type d'énergie

P pas du filetage en mètre

L'élément représentatif de l'énergie peut être n'importe quel élément  
5 donnant l'image du couple du moyen moteur (intensité, voltage, pression, etc) par une constante ou une fonction  $f(x)$ , mais aussi le moment d'un moyen mécanique utilisant la flexion ou la torsion d'un organe pour lequel le transformateur n'est pas obligatoirement une constante, mais peut être aussi une fonction  $f(x)$ .

10 La relation indirecte est établie pour l'expression de la force de tension dans un autre système de mesure, par un coefficient supplémentaire rétablissant la cohérence entre les unités de force, et les unités de distance.

Un contrôle non destructif de l'assemblage est réalisable par l'action précédemment définie de mesure de tension, suivie de l'action de re-visser  
15 jusqu'à l'effort de vissage prélevé en premier, à savoir :

- soit celui de la limite du repos s'il n'y a pas inertie
- soit celui de début de glissement s'il y a inertie

afin de restituer les conditions initiales de l'assemblage en ayant contrôlé la force de tension existante dans l'élément de fixation, ou la force de traction  
20 subie par l'élément de fixation, ou encore la force de compression exercée par l'élément de fixation.

Selon un autre aspect du procédé selon l'invention, on réalise un simple asservissement en première approximation, sur un élément de fixation déjà serré de façon quelconque, en exerçant l'action initialement définie suivie du  
25 calcul d'un rapport de la force de tension nécessaire sur la force de tension existante.

- Si le rapport est égal à 1, on n'exerce pas d'autre action, la force de tension existante étant égale à la force de tension nécessaire à l'assemblage.

- Si le rapport est supérieur à 1, on exerce l'action de visser jusqu'à  
30 une valeur d'effort de rotation égale à la valeur d'effort de vissage mesurée en première action, multipliée par ledit rapport afin d'appliquer la force de tension égale ou proche de celle nécessaire à l'assemblage.

- Si le rapport est inférieur à 1, on exerce l'action de dévisser jusqu'à une valeur d'effort de rotation égale à la valeur d'effort de dévissage  
35 mesurée en première action multipliée par ledit rapport afin d'appliquer la force de tension égale ou proche de celle nécessaire à l'assemblage.

Partant de ce qui précède, on peut aussi réaliser un simple

asservissement en approximations successives (procédé itératif). A cet effet, sur un élément de fixation déjà serré de façon quelconque, on exerce l'action précédemment définie, recommencée autant de fois que nécessaire jusqu'à ce que le rapport soit égal à 1. De façon à limiter l'amplitude de l'action de vissage/dévissage, la valeur de l'effort de vissage/dévissage peut être modérée  
 5 par un coefficient (de minoration) propre à assurer la convergence de l'action vers la tension nécessaire en un nombre de coups définis par la précision recherchée dans l'asservissement de l'action.

On peut encore réaliser selon l'invention un "asservissement dynamique" permettant, par l'utilisation d'un moyen moteur manuel, mécanique, pneumatique, hydraulique ou électrique capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté d'un assemblage, d'assurer un effort de rotation contrôlé et une mesure de la position effective de la rotation de l'élément de fixation.

15 Sur un élément de fixation non serré, on exerce à cet effet l'action de visser dans le but de prélever, à intervalles réguliers de position déterminés par la précision recherchée, les valeurs de l'effort de rotation, puis l'action de dévisser dans le but de prélever, à intervalles réguliers pour ces mêmes positions, les valeurs de l'effort de rotation, puis position par position, pour  
 20 des positions effectives, de différencier la valeur d'effort de rotation au vissage de la valeur d'effort au dévissage, pour les diviser par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir une liste de valeurs représentant, pour chacune des positions :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
  - 25 - soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
  - soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation
- suivant les relations directes et indirectes de la définition générale du procédé selon l'invention, puis suivie par :

soit l'action de re-visser l'élément de fixation jusqu'à une position  
 30 déterminée dont la valeur de la force observée est égale à la force nécessaire à l'assemblage,

soit l'action de re-visser l'élément de fixation jusqu'à l'effort de rotation au vissage correspondant à la position où l'on a observé une valeur de force égale à la force nécessaire à l'assemblage.

35 Cette action de re-visser pourra être modérée tant dans la position choisie, que dans la valeur de l'effort afin d'anticiper sur l'inertie du moyen moteur utilisé. Cette modération pourra être une constante mémorisée

correspondant à un effort de rotation donné, ou déduite des phases d'arrêt dudit moyen lorsque l'on échantillonne les différentes valeurs d'effort de rotation sur l'élément de fixation.

5 Cette action de re-visser pourra être corrigée tant dans la position choisie, que dans la valeur de l'effort afin d'intégrer la torsion du moyen moteur notamment lorsque le capteur de position n'est pas solidaire de l'élément de fixation ou de l'organe d'accouplement. Cette correction pourra être issue d'une table de correction mémorisée déduite de la pente de torsion, c'est-à-dire du rapport de l'effort de rotation sur sa position effective.

10 La concordance des positions de vissage/dévissage peut être réalisée par corrélation de la position à l'effort maximum de vissage avec la position à l'effort maximum de dévissage, en faisant abstraction dans ce cas de la notion de pente de torsion.

15 Les actions de visser dans le but de prélever, à intervalles réguliers de valeur d'effort de rotation déterminé par la précision recherchée, les positions successives de l'élément de fixation, puis de dévisser dans le but de prélever, à intervalles réguliers pour ces mêmes valeurs, les positions successives de l'élément de fixation, puis d'interpoler la liste entre le rang et le contenu, soit par permutation, soit par calcul, se rattachent au même mode de mise en oeuvre du procédé.

20 Le fait d'établir une fonction relative de la force de rotation par rapport à la position de l'élément de fixation, au lieu d'établir une liste de valeurs, notamment lorsque l'asservissement est réalisé par un calculateur, un processeur ou un micro-contrôleur, afin de résoudre par le calcul la position ou la force de rotation nécessaire à l'assemblage, se rattache au même mode de mise en oeuvre.

30 Un contrôle non destructif de l'assemblage est réalisable en utilisant un moyen moteur manuel, mécanique, pneumatique, hydraulique ou électrique capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté d'un assemblage, d'assurer un effort de rotation contrôlé et une mesure de la position effective de la rotation de l'élément de fixation : Sur un élément de fixation déjà vissé de façon quelconque, on exerce l'action de dévisser dans le but de prélever, à une position déterminée, la valeur maximum de l'effort de rotation puis l'action de re-visser à la même position, pour une position effective, de différencier la valeur d'effort de rotation au-revissage de la valeur d'effort maximum au dévissage, pour les diviser par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin

d'obtenir pour cette position, une valeur représentant :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
- soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation

5 suivant les relations directes du principe de l'invention.

Cette action de re-visser pourra être modérée tant dans la position choisie que dans la valeur de l'effort afin d'anticiper sur l'inertie du moyen moteur utilisé. Cette modération pourra être une constante mémorisée correspondant à un effort de rotation donné, ou déduite de la phase d'arrêt dudit moyen lorsque l'on dévisse.

10

Cette action de re-visser pourra être corrigée tant dans la position choisie, que dans la valeur de l'effort afin d'intégrer la torsion du moyen moteur, notamment lorsque le capteur de position n'est pas solidaire de l'élément de fixation ou de l'organe d'accouplement. Cette correction pourra

15

être issue d'une table de correction mémorisée déduite de la pente de torsion, c'est-à-dire du rapport de l'effort de rotation sur sa position effective. Lorsque dans ce qui précède, la correspondance des positions dans l'action de visser/dévisser, ou dévisser/visser, n'est pas effective du fait de la torsion du moyen moteur utilisé et des différentes déformations dans la

20

chaîne de réaction moteur/moteur/bâti/assemblage, notamment lorsque le capteur de position n'est pas solidaire de l'élément de fixation ou de l'organe d'accouplement par rapport à l'assemblage, et de l'empilement des jeux dans la transmission de l'effort de rotation, la concordance des positions de vissage/dévissage est réalisée à partir de la "pente de torsion".

25 Le capteur de position voit la position de l'élément de fixation au travers d'un ensemble qui se déforme proportionnellement à l'effort de rotation appliqué par le moyen moteur. Tant que couple résistant n'est pas dépassé par le couple moteur, l'élément de fixation n'a pas commencé sa rotation alors que le capteur de position enregistre un déplacement

30 proportionnel au couple appliqué. La position effective est masquée par une position apparente due à la déformation de la chaîne de réaction. La pente de torsion est établie à partir du rapport de la valeur de l'effort de rotation sur la valeur de la position observée. La tangente à cette pente est établie par la variation de la valeur de l'effort de rotation sur la variation de la valeur de

35 position. Le changement brusque du coefficient directeur de la tangente à cette pente, lors de la rotation effective de l'élément de fixation, donne la position précise où intervient cette rotation effective. Le couple résistant de

l'élément de fixation résulte des différentes surfaces en contact, tête ou écrou, tige, filet. L'élément est soumis en permanence (lorsqu'il est tendu) à une torsion due à la force de tension sur l'hélicoïde de son filet. La modification de la force de tension sera réalisée pour l'essentiel lorsque le couple résistant dû au filet sera vaincu. La mise en rotation totale de l'élément de fixation n est réalisée qu'à partir de l'instant où le filet avance. Il y a donc un différé d'action entre la mise en rotation de la tête ou de l'écrou et la mise en rotation réelle de l'élément de fixation. Ce différé d'action se traduit par une torsion supplémentaire ou une dé-torsion partielle de l'élément de fixation suivant que l'on visse ou que l'on dévisse. Cette variation de torsion de l'élément de fixation intervient sur la valeur de la position observée, notamment lorsque la longueur de l'élément de fixation est grande par rapport à sa section. Cette variation crée une différence de pente entre le vissage ou le dévissage.

Une analyse de la pente par le système d'asservissement et/ou de mesure permet une finesse importante, suivant la précision désirée, de la corrélation de positions effectives entre le vissage et le dévissage pour les synchroniser avec les efforts de rotation appliqués, à savoir :

L'action définie plus haut "asservissement dynamique" établit une liste de valeurs d'effort de rotation en fonction d'intervalles de position. Le rapport de la différence d'une valeur  $V$  et d'une valeur  $V-1$  sur l'intervalle de position correspondant donne le coefficient directeur de la pente à un intervalle donné. La succession de différentiation de valeurs telle que  $V+1$  et  $V, V+2$  et  $V+1 \dots V(n)$  et  $V(n-1)$  où  $n$  représente le rang de la valeur dans la liste, fournit une liste de coefficients directeurs qui sont utilisés dans la variation de leur valeur :

- pour fixer le point de départ de la montée de l'effort de rotation sur la position observée (rattrapage des jeux), par l'accroissement brusque de la valeur du coefficient directeur ;

- pour annuler le cumul des torsions de vissage/dévissage en soustrayant, pour chacune des actions, la valeur de position effective par rapport à la valeur de l'effort de rotation, de la valeur de la position observée ayant que l'élément de fixation n'entre en rotation, la position effective étant donnée par la régression brusque de la valeur du coefficient directeur ;

- pour annuler le cumul des torsions de dévissage/re-vissage en soustrayant, pour chacune des actions, la valeur de position effective par

rapport à la valeur de l'effort de rotation, de la valeur de la position observée avant que l'élément de fixation n'entre en rotation. Cette valeur de position est calculée pour le re-vissage dans la proportion de l'effort de rotation appliqué, la position effective étant donnée par la régression brusque

5 de la valeur du coefficient directeur ;

- pour évaluer à tout instant dans l'action de visser/dévisser ou dévisser/re-visser, la valeur d'une torsion par rapport à l'effort de rotation appliqué.

On peut encore réaliser selon l'invention un "asservissement flottant" permettant, par un moyen moteur manuel, mécanique, pneumatique, hydraulique ou électrique capable, et par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté d'un assemblage, d'assurer un effort de rotation contrôlé avec la succession d'actions de vissage/dévissage

10 suivante :

15 - visser d'une valeur d'effort de rotation constituée d'une valeur variable et d'une valeur fixe "delta" ;

- puis dévisser d'une valeur au maximum égale à cette valeur variable, le dévissage pouvant être partiel ;

- poursuivre l'action de vissage/dévissage, en faisant progresser cette valeur variable tant que le dévissage est possible, la progression de cette variable pouvant être égale à la différence entre cette valeur variable et la valeur réalisée au dévissage ou une fraction de cette différence afin de modérer l'action en assurant une convergence rapide de cette action vers

20 l'impossibilité de dévisser ;

25 la valeur d'effort "delta" multipliée par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation représentant :

- soit la force de traction exercée par l'élément de fixation

- soit la force de compression exercée par l'élément de fixation

- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation

30 où, lorsque le moyen moteur est instrumenté par un couplemètre, la relation directe de cette valeur d'effort de rotation est exprimée comme suit :

$$\Delta C = F_t \cdot K \quad \text{où } K = P/\pi$$

avec :

$\Delta C$  couple "delta" en Newton.mètre

35  $F_t$  force de tension en Newton

$\pi$  constante du cercle

P pas du filetage en mètre

où, lorsque le moyen moteur est instrumenté sur son énergie la relation directe de cette valeur d'effort de rotation est exprimée comme suit :

$$\Delta E' = F_t \cdot K \quad \text{où } K = P/\tau$$

avec :

- 5  $\Delta E'$  élément représentatif de l'énergie  
 $F_t$  force de tension en Newton  
 $\tau$  constante incluant la constante  $\pi$  du cercle par le rendement moteur par le transformateur du type d'énergie  
 $P$  pas du filetage en mètre
- 10 L'élément représentatif de l'énergie peut être n'importe quel élément donnant l'image du couple du moyen moteur (intensité, voltage, pression, etc) par une constante ou une fonction  $f(x)$ , mais aussi le moment d'un moyen mécanique utilisant la flexion, la torsion ou le choc d'un organe pour lequel le transformateur n'est pas obligatoirement une constante, mais peut être aussi
- 15 une fonction  $f(x)$ .

Le moyen moteur peut n'être contrôlé que dans une mesure ou une action différentielle. Le contrôle de l'effort de rotation absolu n'étant pas indispensable.

- Enfin, le procédé objet de l'invention permet d'étudier les coefficients
- 20 de frottement et le rendement général de l'élément de fixation sur l'assemblage :

- Par le principe de l'invention et l'asservissement dynamique, on établit une relation précise entre le couple appliqué au vissage/dévissage et la tension existante dans l'élément de fixation. Cette tension permet à tout
- 25 instant de calculer le couple effectivement transformé pour produire cette même tension. Le rapport de ce couple transformé sur le couple appliqué, fixe le rendement de l'élément de fixation.

- $C_{tfr} = (F_t \cdot \pi) / 2P$  couple transformé  
 $\mu = C_{tfr} / C_{app}$  rendement général au vissage  

30  $\mu' = C_{tfr} / C_{app'}$  rendement général au dévissage  
 $C_s = 1/\mu'$  coefficient de sécurité

- Le rendement de l'élément de fixation est la résultante des frottements des différentes surfaces en contact, tête ou écrou, tige, filet. La distribution en est inconnue. L'usage de la "pente de torsion" permet d'isoler
- 35 chacun des couples dûs au frottement de chaque partie en contact, par la mise en rotation différée de chacune des parties de l'élément de fixation, observée par la pente de torsion.

	$C_{app}$	$= C_{tfr} + C_{tt} + C_{flt} + C_{tg}$	distribution générale de vissage
	$C_{appO}$	$= C_{tfr} + C_{tt}$	vissage (limite de repos)
	$-C_{appO'}$	$= C_{tfr} - C_{tt}$	dévissage (limite de repos)
	$C_{tt}$	$= (C_{appO} + C_{appO'}) / 2 - C_{tfr}$	Couple frottement tête
5	$C_{appl}$	$= C_{tfr} + C_{tt} + C_{flt} + C_{tg}$	vissage (rotation filet)
	$-C_{appl'}$	$= C_{tfr} - C_{tt} - C_{flt} - C_{tg}$	dévissage (rotation filet)
	$C_{flt}$	$= (C_{appl} + C_{appl'}) / 2 - C_{tt}$	Couple frottement filet avec frottement tige négligeable
10	$C_{flt}$	$= (C_{appl} + C_{appl'}) / 2 - C_{tt} - C_{tg}$	Couple frottement filet avec couple frottement tige relevé hors tension

Dans l'étude des coefficients de frottement, lorsque la mesure du différé de position n'est pas suffisamment démarquée (cas de vis courtes), on privilégie dans l'équation des frottements, le couple dû au frottement du filet, sans en changer sa valeur, par l'introduction sous la tête ou l'écrou d'un élément intermédiaire, tel qu'un roulement de butée ou tout autre élément à coefficient minime ou connu.

De la relation courante :  $\mu n = C_x / [F_t \cdot (d_1 + d_2)]$  pour des pièces de révolution, on déduit le coefficient de frottement à partir de la distribution des couples, pour chaque couple  $C_x$ , en fonction de la tension  $F_t$  et de la géométrie de l'élément de fixation, avec dans cette relation :

- $\mu n$  coefficient de frottement
- $C_x$  couple de frottement ( $C_{tt}, C_{flt}$ , etc...)
- $F_t$  force de tension du procédé
- $d_1$  diamètre intérieur de la surface en contact
- $d_2$  diamètre extérieur de la surface en contact

Pour illustrer plus concrètement le procédé, objet de l'invention, on décrit ci-après deux exemples pratiques de mise en oeuvre de ce procédé par le contrôle et l'asservissement de la tension ou compression d'un organe fileté, en se référant au dessin schématique annexé dans lequel :

Figure 1 montre une clé dynamométrique pour vissage avec contrôle de la tension par le procédé selon l'invention ;

Figure 2 est un schéma des circuits électriques et électroniques de la clé dynamométrique de figure 1 ;

Figure 3 montre une broche de vissage asservie, mettant en oeuvre le procédé selon la présente invention ;

Figure 4 est une vue de détail d'un assemblage vissé réalisable au moyen de la broche de figure 3 ;

5 Figure 5 est un diagramme de l'asservissement de la broche de vissage de figure 3.

La figure 1 montre l'aspect extérieur d'une clé dynamométrique pour vissage avec contrôle de la tension, les circuits électriques et électroniques internes de la clé étant illustrés par le schéma de la figure 2 dans lequel,  
10 pour la clarté du dessin, ne sont pas représentés certains composants discrets non essentiels à la compréhension, ainsi que les alimentations à partir de batteries propres à assurer la portabilité et l'autonomie de cette clé dynamométrique.

Dans l'exemple ici considéré, il s'agit d'une clé dynamométrique d'une  
15 capacité de 300 Nm, dans laquelle un couplemètre 1 à jauges de contrainte, recevant une tension d'alimentation notée VA d'une valeur de 10 volts, délivre une tension proportionnelle au couple appliqué. Un premier amplificateur 2 d'un gain de 1000 produit sur sa sortie une relation telle que pour chaque 1Nm de couple soit assuré un signal  $-/+33,333$  mV suivant le sens du vissage  
20 effectué. La sortie de l'amplificateur 2 est reliée aux entrées de deux échantillonneurs bloqueurs 3,4, ainsi qu'aux entrées de deux comparateurs 5,6. Le premier groupement échantillonneur-bloqueur 3 et comparateur 5 assure une mémorisation du couple de vissage à droite, négatif en signal, par le fait que le comparateur 5 compare la sortie de l'échantillonneur-bloqueur 3 avec  
25 son entrée et que lorsque l'entrée est supérieure à la sortie, ce comparateur 5 provoque le mode bloqueur de l'échantillonneur-bloqueur au travers d'une porte logique OU 7, mémorisant ainsi la valeur la plus haute du couple mesuré dans le sens du vissage à droite. Le deuxième groupement échantillonneur-bloqueur 4 et comparateur 6 assure une mémorisation du couple de vissage à gauche,  
30 positif en signal, par le fait que le comparateur 6 compare la sortie de l'échantillonneur-bloqueur 4 avec son entrée et que lorsque l'entrée est supérieure à la sortie, ce comparateur 6 provoque le mode bloqueur de l'échantillonneur-bloqueur 5 au travers d'une porte logique OU 8 mémorisant ainsi la valeur la plus haute du couple mesuré dans le sens du vissage à  
35 gauche. Chaque sortie de comparateur 5,6 est reliée à une porte logique OU 7,8 ayant en commun une entrée reliée à un bouton-poussoir 9 permettant la remise à zéro des mémoires des valeurs de couple acquises lors du vissage à

droite et du vissage à gauche. Les sorties de chaque échantillonneur-bloqueur 3,4 sont reliées à l'entrée d'un amplificateur 10, câblé en mode sommateur de telle sorte que le gain ne s'applique que sur la différence des sorties des échantillonneurs-bloqueurs 3,4 par le fait que l'une est négative et l'autre positive, la somme algébrique produisant une soustraction. L'amplificateur 10 produit un gain proportionnel au pas de la vis choisi par un sélecteur 11 qui permet un choix de différents pas de vis dans la gamme de couples applicable par la clé. Le sélecteur 11 oriente une gamme de gain par l'affectation d'une résistance convenablement calculée dans la boucle de gain de l'amplificateur 10. La sortie de l'amplificateur 10 est reliée à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique pilotant un affichage numérique dans une fonction de voltmètre à affichage 12. L'affichage numérique est établi pour de 0 à  $\pm 199,99$ , échelle qui traduit directement des KN (Kilo-newtons) pour des tensions qui vont de 0 à  $\pm 5$  volts.

En se référant maintenant aux figures 3 à 5, on décrira une broche de vissage asservie par un processeur, pour la mise en oeuvre de l'invention. Un moteur électrique sans balais 13 est alimenté par un module de contrôle de puissance 14 qui régule la fréquence de phase, la tension et l'intensité électrique, et de ce fait, permet d'asservir le rotor du moteur 13 en vitesse, en sens de rotation et en puissance. L'information de position du rotor est fournie par un synchro-résolveur 15 solidaire de l'arbre moteur supportant le rotor. La position du synchro-résolveur 15 déterminée par un déphasage sinus/cosinus est convertie en donnée numérique par un convertisseur 16. Le convertisseur 16 qui permet différentes précisions (10,12,14,16 bits) est réglé pour fournir 12 bits de précision sur un tour du synchro-résolveur soit une définition 1/4096 de tour ou 5,27 minutes d'arc. Un couplemètre à jauges de contrainte 17, pris en réaction de la fixation de la broche de vissage, mesure le couple effectif appliqué à un élément de fixation 18, tel que vis d'un assemblage, fileté en 19 dont la pièce en prise 20 est comprimée entre la tête 21 de la vis et une pièce 22 servant d'écrou. La rotation de l'élément de fixation 18 est effectuée par un organe d'accouplement 23 tel qu'une douille qui coiffe la tête 21 de l'élément de fixation 18 et qui est entraînée par le carré 24 de l'axe 25 de la broche constituant l'arbre moteur. Les forces de compression  $F_c$  de la pièce 20 sont équilibrées par la force de tension  $F_t$  de l'élément de fixation 18. Le signal fourni par le couple-mètre 17 est amplifié par un amplificateur d'instrumentation 26 dont la sortie est reliée à l'entrée d'un convertisseur analogique/numérique 27, qui fournit 11 bits de résolution

en mode bi-polaire, soit pour le couple-mètre 17 au nominal de 500 Newtons.mètre, une définition de 500/2048 ou 0,244 Nm/bit. Les données numériques des convertisseurs 27 et 16 transitent sur un bus 28 et sont traitées par un processeur 29 qui agit suivant un programme en mémoire en

5 30 et stocke ses données numériques dans une mémoire 31. Le processeur 29 gère le module de contrôle de puissance 14 pour les cycles nécessaires au vissage/dévissage/re-vissage. La mémoire 31 contient notamment les paramètres de vissage tels que tension désirée, couple maximum applicable à l'élément de fixation, pas de l'élément de fixation, vitesse de rotation du

10 moteur 13, etc... Ces paramètres sont entrés sur un module interface de communication 32 par le moyen d'un terminal ou d'un réseau. La mémoire 31 contient aussi les mesures effectuées au vissage et au dévissage sous forme de tableaux (listes de valeurs) ainsi que les résultats de calcul permettant les prises de décision d'asservissement du moteur pour le serrage en tension et

15 les résultats finaux à produire par le moyen de l'interface de communication 32 à destination du terminal et/ou de l'imprimante. Une interface d'entrée/sortie 33 assure l'environnement décisionnel pour qu'un opérateur ou un automate puisse, d'une part par les entrées, lancer le cycle, arrêter en urgence, etc, et d'autre part par les sorties visualiser des contrôles sur des

20 voyants, etc... Lors de la phase de vissage, le processeur 29 prélève la position de rotor et affecte à cette position la valeur numérique du couple exercé par la broche dans un tableau stocké dans la mémoire 31, dimensionné par exemple à 16384 valeurs (4 tours de rotor), puis recommence l'opération chaque fois que la position évolue jusqu'à une valeur de couple déterminée par

25 le paramétrage. Le processeur crée ainsi dans le tableau une première liste d'une succession de valeurs de couple en vissage. Le processeur renouvelle les mêmes opérations pour la phase de dévissage, pour les mêmes positions en sens inverse créant une deuxième liste d'une succession de valeurs de couple en dévissage. Puis position par position, pour des mêmes positions dans chaque

30 liste, le processeur soustrait la valeur de couple de la deuxième liste de la valeur de couple de la première liste, créant ainsi une troisième liste constituée des écarts de couple de vissage et de dévissage pour des positions identiques. En appliquant la formulation précitée en fonction du pas de la vis 18 le processeur 29 calcule, position par position, la tension existante dans la

35 vis. Puis en comparant la tension calculée avec la tension désirée, il détermine la position jusqu'à laquelle il re-visse. L'algorithmique du traitement est fortement accélérée, par un pré-calcul de la tension désirée

traduite sous forme d'écart de couple désiré, ne laissant plus que la comparaison à effectuer avec la troisième liste, et par la limitation du nombre de comparaisons à la première concordance réduisant ainsi l'excursion du programme. La vitesse de traitement des processeurs modernes (plusieurs  
5 millions d'instructions par seconde) rend les temps électroniques insignifiants par rapport aux temps mécaniques. En effet, le temps de traitement de l'asservissement à la tension est tout simplement masqué par le temps mécanique du retournement effectif du sens du moteur.

Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux seuls modes de  
10 mise en oeuvre de ce procédé pour le contrôle et l'asservissement de la tension ou compression d'un organe fileté qui ont été décrits ci-dessus à titre d'exemple. Elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes de mise en oeuvre utilisant le même principe dans le but de déterminer une valeur de force ou d'asservissement à une valeur de force représentant soit une force  
15 de traction subie par un élément de fixation, soit une force de compression exercée par un élément de fixation, soit une force de tension résidante dans un élément de fixation. L'invention englobe aussi toutes les variantes d'application visant un but analogue et utilisant le même principe, et c'est ainsi, notamment, que le procédé qu'elle concerne peut être étendu à un  
20 organe fileté permettant la transformation d'un mouvement de rotation en un mouvement linéaire, ou la transformation réciproque d'un mouvement linéaire en un mouvement de rotation, avec transmission de force, ceci en particulier dans des appareils de pesage, de levage ou de pressage.

25

30

35

REVENDICATIONS

1. Procédé pour le contrôle et l'asservissement de la tension ou compression d'un organe fileté, et plus particulièrement d'un élément de fixation fileté, caractérisé en ce que la force de tension ou de compression (Ft) de l'organe fileté (18) est déterminée par l'action de soustraire un couple appliqué au dévissage (Capp') d'un couple appliqué au vissage (Capp), et de diviser cet écart de couples par un coefficient proportionnel au pas (P) du filetage (19) dudit organe, le prélèvement de ces valeurs de couple étant fait soit statiquement à la limite de repos de vissage et dévissage, soit dynamiquement en une succession de positions concordantes en vissage et dévissage.

2. Procédé selon la revendication 1, appliqué à une mesure de tension, avec utilisation d'un moyen moteur capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté, d'assurer un effort contrôlé de mise en rotation de cet élément de fixation, caractérisé par l'action de visser dans le but de prélever, à la limite de repos du glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation, puis par l'action de dévisser dans le but de prélever, à la limite de repos du glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation au passage par son maximum, puis de différencier ces deux valeurs d'effort pour les diviser par un coefficient notamment proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir une valeur représentant :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
- soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation.

3. Procédé selon la revendication 1, appliqué à une mesure de tension, avec utilisation d'un moyen moteur capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté, d'assurer un effort contrôlé de mise en rotation de cet élément de fixation, caractérisé par l'action de visser dans le but de prélever, au début du glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation, puis par l'action de dévisser dans le but de prélever, à la limite de repos pendant le glissement de la partie mobile de l'élément de fixation sur la partie fixe de l'assemblage, la valeur de l'effort de rotation au passage par son maximum, puis de différencier ces deux valeurs d'effort pour les multiplier par le rapport de la valeur de l'effort de rotation au début sur la

valeur de l'effort de rotation à la limite du repos, puis de diviser ce résultat par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir une valeur représentant :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
- 5       - soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation au départ de l'action.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, appliqué à un contrôle non destructif d'un assemblage vissé, caractérisé par l'action précédemment  
10 définie de mesure de tension, suivie de l'action de re-visser jusqu'à l'effort de vissage prélevé en premier, à savoir :

- soit celui de la limite du repos
- soit celui de début de glissement

afin de restituer les conditions initiales de l'assemblage en ayant contrôlé la  
15 force de tension existante dans l'élément de fixation, ou la force de traction subie par l'élément de fixation, ou encore la force de compression exercée par l'élément de fixation.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on réalise un simple asservissement en première approximation, sur un élément de fixation  
20 déjà serré de façon quelconque, en exerçant l'action initialement définie suivie du calcul d'un rapport de la force de tension nécessaire sur la force de tension existante, et en ce que :

- si le rapport est égal à 1, on n'exerce pas d'autre action, la force de tension existante étant égale à la force de tension nécessaire à l'assemblage,
- 25       - si le rapport est supérieur à 1, on exerce l'action de visser jusqu'à une valeur d'effort de rotation égale à la valeur d'effort de vissage mesurée en première action, multipliée par ledit rapport afin d'appliquer la force de tension égale ou proche de celle nécessaire à l'assemblage,
- si le rapport est inférieur à 1, on exerce l'action de dévisser jusqu'à  
30 une valeur d'effort de rotation égale à la valeur d'effort de dévissage mesurée en première action multipliée par ledit rapport afin d'appliquer la force de tension égale ou proche de celle nécessaire à l'assemblage.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on réalise un simple asservissement en approximations successives, sur un élément de  
35 fixation déjà serré de façon quelconque, en exerçant l'action précédemment définie autant de fois que nécessaire jusqu'à ce que le rapport de la force de tension nécessaire sur la force de tension existante soit égal à 1, selon un

procédé itératif, la valeur de l'effort de vissage/dévisage pouvant être modérée par un coefficient propre à assurer la convergence de l'action vers la tension nécessaire en un nombre de coups définis par la précision recherchée dans l'asservissement de l'action.

5           7. Procédé selon la revendication 1, réalisant un asservissement dynamique, avec utilisation d'un moyen moteur capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté, d'assurer un effort de rotation contrôlé et une mesure de la position effective de la rotation de l'élément de fixation, caractérisé en ce que, sur un élément de  
10 fixation non serré, on exerce l'action de visser dans le but de prélever, à intervalles réguliers de position déterminés par la précision recherchée, les valeurs de l'effort de rotation, puis l'action de dévisser dans le but de prélever, à intervalles réguliers pour ces mêmes positions, les valeurs de l'effort de rotation, puis position par position, pour des positions effectives,  
15 de différencier la valeur d'effort de rotation au vissage de la valeur d'effort au dévisage, pour les diviser par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir une liste de valeurs représentant, pour chacune des positions :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
  - 20       - soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
  - soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation
- ces actions étant suivies par :

soit l'action de re-visser l'élément de fixation jusqu'à une position déterminée dont la valeur de la force observée est égale à la force nécessaire  
25 à l'assemblage,

soit l'action de re-visser l'élément de fixation jusqu'à l'effort de rotation au vissage correspondant à la position où l'on a observé une valeur de force égale à la force nécessaire à l'assemblage.

8. Procédé selon la revendication 1, appliqué à un contrôle non  
30 destructif d'un assemblage, avec utilisation d'un moyen moteur capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté, d'assurer un effort de rotation contrôlé et une mesure de la position effective de rotation de l'élément de fixation, caractérisé en ce que, sur un élément de fixation déjà vissé de façon quelconque, on exerce l'action de dévisser dans le  
35 but de prélever, à une position déterminée, la valeur maximum de l'effort de rotation puis l'action de re-visser à la même position, pour une position effective, de différencier la valeur d'effort de rotation au re-vissage de la

valeur d'effort maximum au dévissage, pour les diviser par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation afin d'obtenir pour cette position, une valeur représentant :

- soit la force de traction subie par l'élément de fixation
- 5       - soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation.

9. Procédé selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que, pour tenir compte de la torsion du moyen moteur et d'autres déformations, on établit une liste de valeurs d'effort de rotation en fonctions d'intervalles de position, qui fournit une liste de coefficients directeurs qui sont utilisés dans la variation de leur valeur :

10       - pour fixer le point de départ de la montée de l'effort de rotation sur la position observée, par l'accroissement brusque de la valeur du coefficient directeur ;

15       - pour annuler le cumul des torsions de vissage/dévissage en soustrayant, pour chacune des actions, la valeur de position effective par rapport à la valeur de l'effort de rotation, de la valeur de la position observée avant que l'élément de fixation n'entre en rotation, la position effective étant donnée par la régression brusque de la valeur du coefficient directeur ;

20       - pour annuler le cumul des torsions de dévissage/re-vissage en soustrayant, pour chacune des actions, la valeur de position effective par rapport à la valeur de l'effort de rotation, de la valeur de la position observée avant que l'élément de fixation n'entre en rotation, cette valeur de position étant calculée pour le re-vissage dans la proportion de l'effort de rotation appliqué, la position effective étant donnée par la régression brusque de la valeur du coefficient directeur ;

25       - pour évaluer à tout instant dans l'action de visser/dévisser ou dévisser/re-visser, la valeur d'une torsion par rapport à l'effort de rotation appliqué.

30       10. Procédé selon la revendication 1, réalisant un "asservissement flottant", avec utilisation d'un moyen moteur capable, par l'intermédiaire d'un organe d'accouplement sur l'élément de fixation fileté, d'assurer un effort de rotation contrôlé, caractérisé par la succession d'actions de vissage/dévissage suivante :

35       - visser d'une valeur d'effort de rotation constituée d'une valeur variable et d'une valeur fixe "delta" ;

- puis dévisser d'une valeur au maximum égale à cette valeur variable, le dévissage pouvant être partiel ;

5 - poursuivre l'action de vissage/dévissage, en faisant progresser cette valeur variable tant que le dévissage est possible, la progression de cette variable pouvant être égale à la différence entre cette valeur variable et la valeur réalisée au dévissage ou une fraction de cette différence afin de modérer l'action en assurant une convergence rapide de cette action vers l'impossibilité de dévisser ;

10 la valeur d'effort "delta" multipliée par un coefficient proportionnel au pas du filetage de l'élément de fixation représentant :

- soit la force de traction exercée par l'élément de fixation
- soit la force de compression exercée par l'élément de fixation
- soit la force de tension résidante dans l'élément de fixation.

15

20

25

30

35

FIG. 1

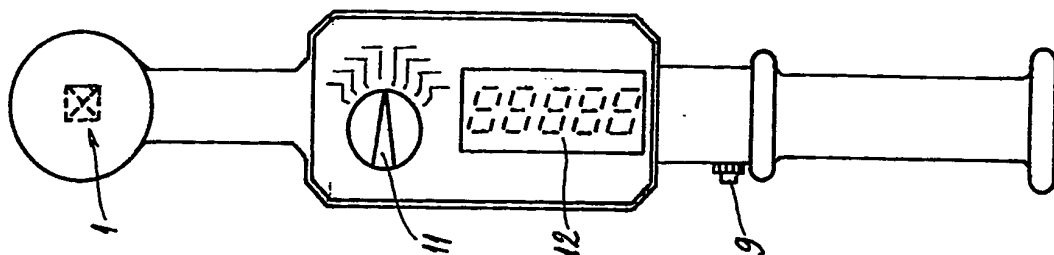


FIG. 2

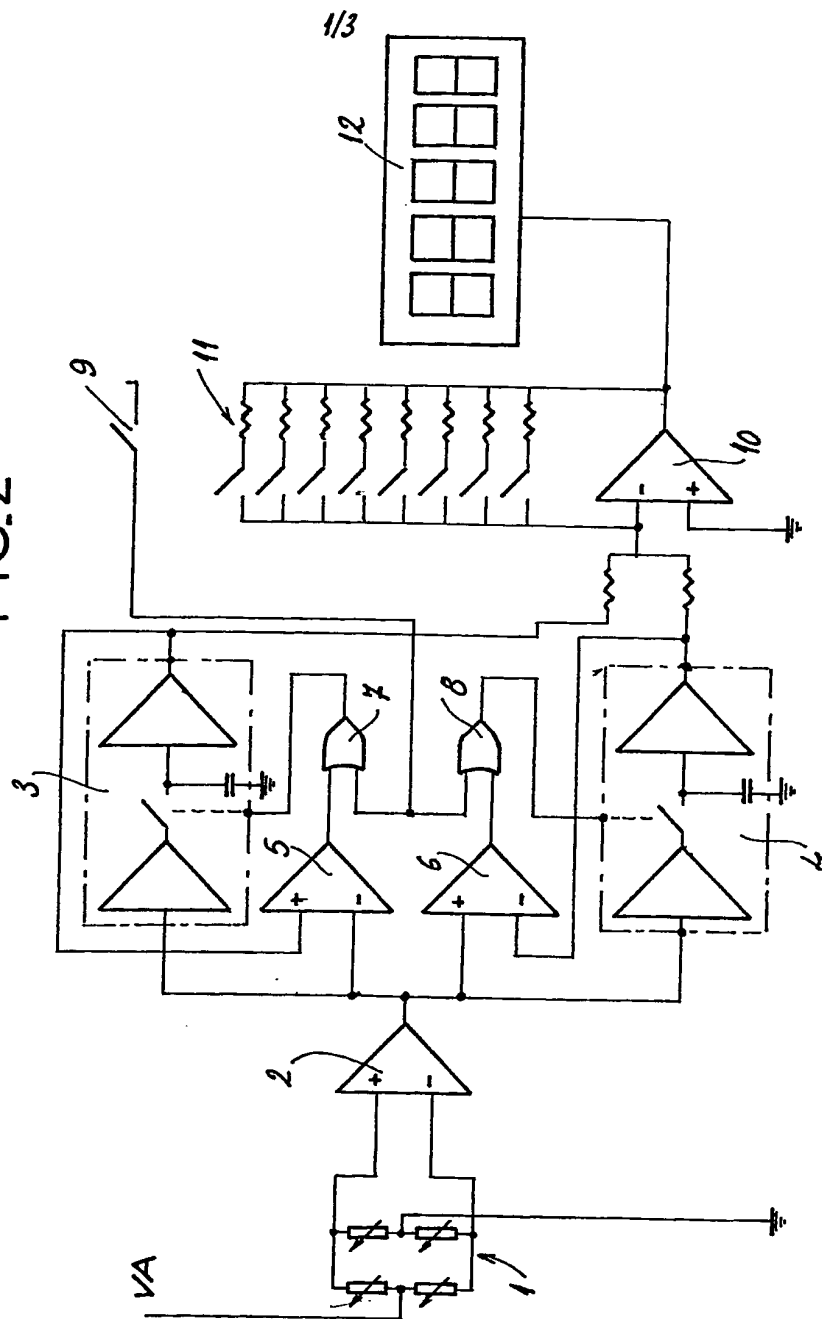


FIG. 3

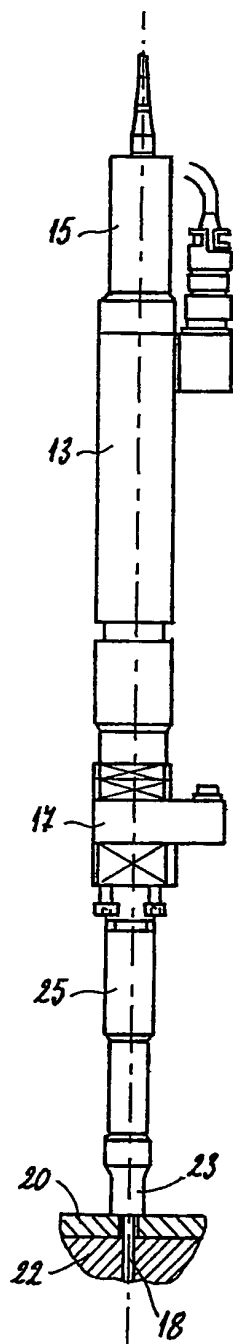


FIG. 4

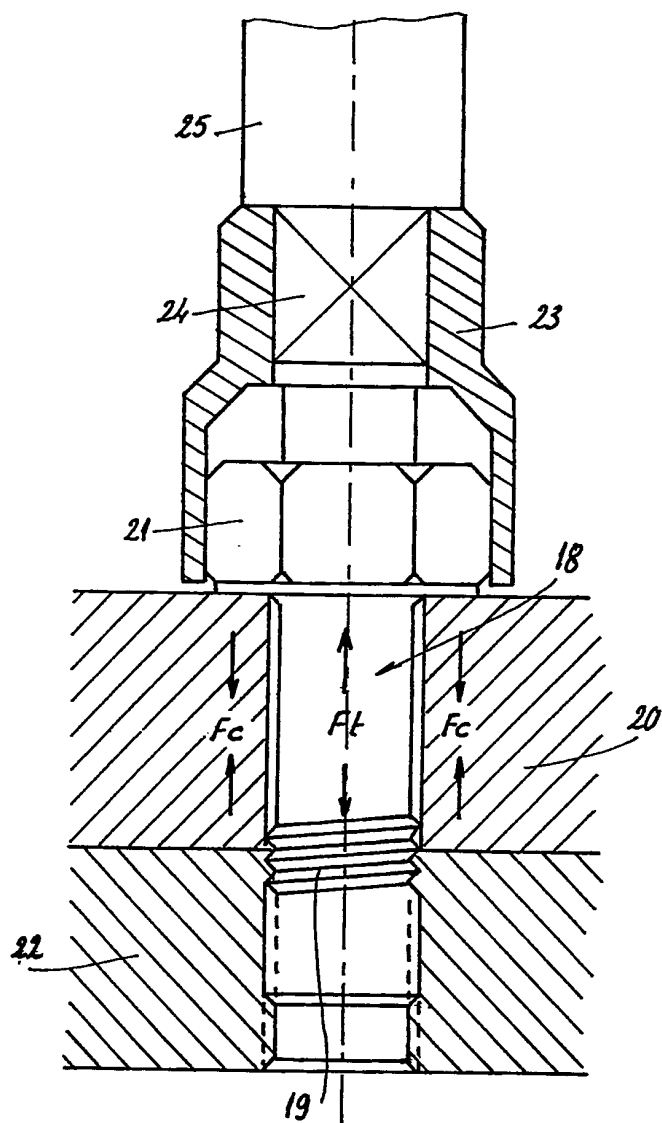
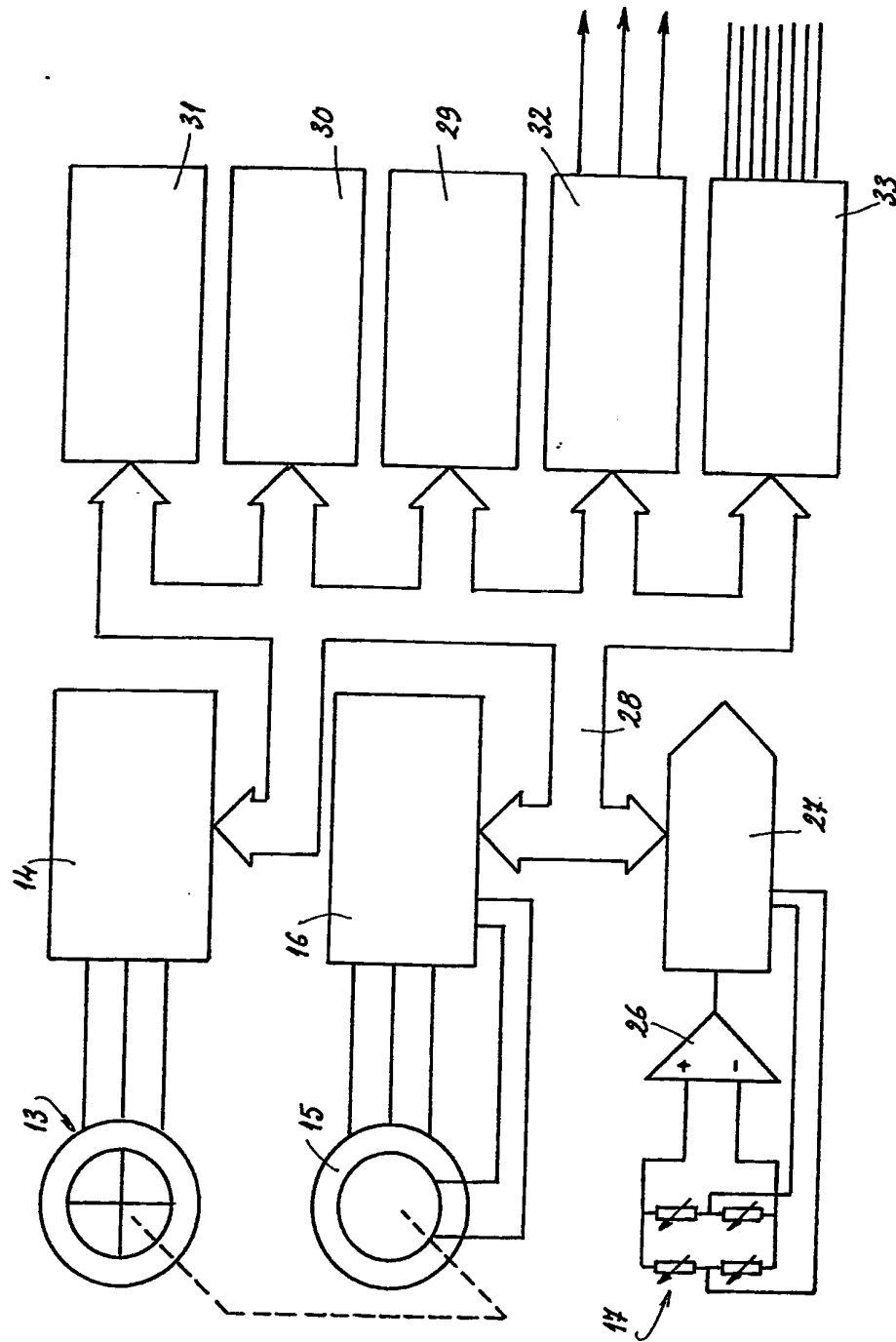


FIG. 5



REPUBLIQUE FRANÇAISE

2677571

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9108254  
FA 459650

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP-A-0 096 620 (RENAULT) * le document en entier *	1-10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		B25B B23P
Date d'achèvement de la recherche 26 FEVRIER 1992		Examineur VIBERG S.O.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>.....  &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P0412)